



Ueber Luft in den Schulen und über Ermittlung der Grenze zwischen guter und schlechter Zimmerluft.

Von

Dr. **Max Pettenkofer**.
Professor zu München.

Das Königl. Bayrische Staatsministerium des Innern stellte im Herbste des vorigen Jahres dem Magistrat der Stadt München 300 Thlr. zu Gebot, um in einem der städtischen Schulhäuser einen Ventilationsversuch zu machen. Es wurde für diesen Versuch nicht ein altes, etwa unzweckmässig adoptirtes Gebäude gewählt, sondern ein vor mehreren Jahren ganz neu erbautes und nach den neuesten Erfahrungen dem Zwecke entsprechend eingerichtetes Haus, das protestantische Schulhaus am Glockenbache. — Man wollte finden, um was sich ein verhältnissmässig guter Zustand der Luft durch Ventilation noch verbessern lasse, indem man die Luft der ventilirten und nicht ventilirten Schulzimmer miteinander verglich. Die Zimmer der Schulen sind fast alle von gleicher Grösse, und haben 27½ Fuss Länge, 24½ Fuss Breite und 12½ Fuss Höhe.

Die nach meiner Ansicht wesentlichsten Resultate des Versuches habe ich in einem Berichte an den Magistrat der Königl. Haupt- und Residenzstadt München zusammengestellt, welchen ich in seinem Wortlaute mittheile.

Abschrift.

München, den 12. Februar 1859.

An den Magistrat der Kgl. Haupt- u. Residenzstadt München!

Die Ventilation und Beheizung dreier Schulzimmer im Schulhause am Glockenbache betr.

Nachdem gegen Ende des Monats November 1858 die Ausführung eines Versuches der mechanischen Ventilation in 3 übereinander liegenden Zimmern des Schulhauses am Glockenbache angeordnet war, wurden die nöthigen Vorarbeiten von Hr. Ingenieur Zenetti und mir sofort in Angriff genommen.

Der Apparat sollte bestehen:

1. aus einem Luftkanal,
2. aus einem Ventilator in demselben,
3. aus einem Wärmeofen für die Luft,
4. aus Röhren zur Vertheilung der Luft in den 3 Schulzimmern.

ad 1. Der Luftkanal beginnt an einem Fenster des Souterrains, welches gegen Osten in eine breite reinliche Strasse mündet, von wo die frische Luft nach den Schulsälen gefördert wird. In einem hölzernen Schlauche geht die Luft 12 Fuss abwärts in das Souterrain, dann horizontal in einer Röhre von Eisenblech von 3 Fuss Durchmesser u. 6 Fuss Länge, in welcher der Ventilator angebracht ist. Diese Röhre mündet in einen gemauerten Kanal, dessen Querschnitt etwas grösser ist, als die der Röhre. Dieser Kanal wendet sich in einer Entfernung von 9 Fuss in einem rechten Winkel mit abgerundeten Ecken und führt weitere 26 Fuss lang nach dem Wärmeofen.

ad 2. Der Ventilator besteht aus zwei 1½ Fuss in der Länge und ½ Fuss in der Breite messenden Windflügeln, welche in einem Winkel von 36 Graden auf einer Achse sitzen, die nur an ihren spitzen Enden gehalten wird. Die Bewegung erfolgt vorläufig durch ein von Hand getriebenes Rad, von dem eine Schnur um eine feste Rolle an der Axe des Ventilators geht. Die beste Form und Stellung der Flügel wurde vorher durch Versuche im Kleinen festgestellt. Ein Mann bewegt den Apparat mit Leichtigkeit und fördert nach anemometrischen Messungen in der Stunde durchschnittlich mehr als 3000 Kubikmeter oder 120000 Kubikfuss Luft. —

ad 3. Der Wärmeofen besteht aus einem gewöhnlichen

gusseisernen 5 Fuss hohen Kanonenofen, in einem Abstande von 1½ Fuss von einem aus Backstein gemauerten Mantel umgeben, der sich über dem Ofen um eine 2½ Fuss Durchmesser habende Blechröhre zusammenwölbt, durch welche die Luft in die Schulzimmer tritt. Das Rauchrohr des Ofens geht innerhalb des Mantels abwärts, liegt die Strecke von 26 Fuss in dem gemauerten Luftkanal und mündet von da in einen Kamin. Hr. Magistratsrath Riemerschmid hat diese Einrichtung empfohlen, um den Raum von seiner überflüssigen Wärme durch die um die Röhre und dem Rauch entgegengesetzt strömende Luft zu entziehen. Der Ofen wird vom Souterrain aus geheizt. —

ad 4. Von der Kuppel über dem Ofen geht eine Blechröhre von 2½ Fuss Duchmesser*) nach dem Schulzimmer zu ebener Erde, und mündet in einer Ecke desselben neben der Thüre 2 Fuss über den Boden aus. Sie kann mit einer drehbaren Klappe mehr oder weniger geschlossen werden. Ueber diesem Rohre sitzt auf daran befestigten eisernen Trägern ein zweites Rohr von 2 Fuss Durchmesser, welches im Zimmer des I. Stockes, gleichfalls 2 Fuss über den Boden mündet. Nach dem Zimmer im II. Stockwerk geht in gleicher Weise eine Röhre von 1½ Fuss Durchmesser. Jedes dieser Rohre hat eine Klappe, wie das untere. Diese Anordnung ist dem Ventilationssysteme von van Hecke entnommen, und scheint mir die einfachste Methode, einen aufsteigenden Luftstrom zu theilen. Die oberste Röhre von ½ Fuss Durchmesser mündet mit einem Querschnitt von 1,76 Quadratfuss. Der Querschnitt des mittleren Rohres von 2 Fuss Durchmesser ist 3,14 Quadratfuss. Hiervon den Querschnitt des oberen Rohres abgezogen, bleiben 1,38 Quadratfuss frei für die Mündung der Luft in das Schulzimmer des I. Stockes. Die unterste Röhre von 2½ Fuss Durchmesser hat einen Querschnitt von 4,96 Quadratfuss. Hiervon den Querschnitt der Röhre von 2 Fuss Durchmesser abgezogen, bleiben 1,82 Quadratfuss frei für die Einmündung der

*) Es ist ein Fehler, dass ich dieser Röhre, in welcher das ganze Luftquantum strömen soll, welches von dem 3 Fuss Durchmesser haltenden Ventilator bewegt wird, einen geringeren Durchmesser gegeben habe als dem Ventilator: hätte ich dem Ventilator nur 2½ Fuss Durchmesser gegeben, oder der Röhre von der Kuppel weg, gleichfalls 3 Fuss, so hätte ich noch wesentlich an Nutzeffekt gewonnen.

Luft in das Schulzimmer zu ebener Erde. Somit wird der Luftstrom, der sich vom Wärmeofen gleichmässig erhebt, so getheilt, dass zu ebener Erde 36 Procent, über 1 Stiege 29 und und über 2 Stiegen 35 Procent abgegeben werden. Warum der freie Querschnitt nicht für alle Etagen ganz gleich genommen wurde, mag vorläufig auf sich beruhen. —

Anfangs Januar 1859 waren die Vorrichtungen so weit vollendet, dass die Versuche mit der Ventilation und Beheizung beginnen konnten. Betrachten wir zuerst die Heizung.

Bisher war in jedem Zimmer ein Ofen thätig; nun sollten drei Zimmer durch einen einzigen Ofen im Souterrain geheizt werden, dessen Dimensionen die eines gewöhnlichen Zimmerofens nicht wesentlich überschreiten. Das Resultat dieses Beheizungs-Versuches hat unbestreitbar eine sehr grosse ökonomische Tragweite. Wenn man von genügender Ventilation im Winter spricht, so drängt sich zunächst die Befürchtung auf, dass auch ein unverhältnissmässig grosser Aufwand an Brennmaterial unvermeidlich damit verknüpft sei. Diese Befürchtung hat sich durch die länger als 4 Wochen fortgesetzten Versuche als ganz überflüssig herausgestellt. Mit Ausnahme des Zimmers zu ebener Erde war auch bei einer Kälte von 10° R. unter Null nie eine Nachhilfe durch die in den Zimmern befindlichen Oefen nothwendig. Binnen 2½ Stunden (von 5 Uhr bis 7½ Uhr Morgens) brachte man die Zimmerluft stets auf 13 oder 14° und nur das Schulzimmer zu ebener Erde war bisweilen zu dieser Zeit erst 11 bis 12° warm, und es musste mit einem kleinen Feuer im Zimmerofen nachgeholfen werden, um bis 8 Uhr, wo der Unterricht beginnt, die Temperatur auf 14° R. zu bringen. Bei einem Heizungs-Versuche, an welchem Tage die Temperatur im freien 10° R. unter Null war, wurde das verbrauchte Holz genau gewogen. Während eines Vormittags wurden 120 Pfd. geflösstes Fichtenholz verbrannt. Rechnet man eine Klafter dieses Holzes zu 22 Ztr. und deren Preis zu 10 Thlr., so repräsentirt der Brennmaterialaufwand an einem kalten Vormittage für 3 Schulzimmer einen Werth von 27 Kreuzern Holz. Wie viel Holz unter gleichen Umständen in den bisherigen 3 Oefen der 3 Schulzimmer verbrannt worden wäre, vermag ich nicht anzugeben. Der Magistrat besitzt vielleicht hierüber bereits sichere Anhaltspunkte. Eben-

sowenig kann ich eine Angabe darüber machen, wie viel Holz erforderlich gewesen wäre, um das Zimmer zu ebener Erde, in welchem das Thermometer nach 3 Stunden bloss 11° Grad R. zeigte, gleichfalls auf 14° Grad R. zu bringen. —

Die Feuerung des in Rede stehenden Wärmeofens leidet in Folge eines zu engen Rauchrohres an einem wesentlichen Gebrechen; der Zug im Ofen ist sehr schwach, so dass die Verbrennung in demselben stets eine unvollständige und daher auch eine unökonomische ist. Es dringt desshalb auch der Rauch sehr häufig durch die Fugen der Heizthür heraus. Aber trotz dieses und anderer Mängel, die bei ferneren Anlagen leicht zu vermeiden sind, steht doch bereits so viel fest, dass ein wesentlich grösserer Aufwand an Brennmaterial in Folge einer hinreichenden Ventilation nicht zu befürchten ist. Die Erledigung dieser Vorfrage halte ich für um so wichtiger, als hiedurch ein Haupthinderniss wegfällt, welches in den Vorstellungen des Publikums einer Verallgemeinerung zweckmässiger Lüftungsvorrichtungen in stark bewohnten Räumen noch lange entgegengestanden hätte. Dieses Resultat, welches mit unseren bisherigen Annahmen, Erfahrungen und Vorstellungen in Widerspruch zu stehen scheint, zu erklären, mag einer andern Gelegenheit vorbehalten bleiben; hier will ich nur bemerken, dass eine geregelte Zufuhr frischer warmer Luft auf bestimmten Wegen, sehr viele Quellen der beständigen seitlichen Abkühlung der Räume durch alle zufälligen kleinen Oeffnungen, durch welche sonst kalte Luft eindringt, ausschliesst. Der Praxis kann jedenfalls die blosse Thatsache genügen.

Die Heizung gewährt nicht die mindeste Belästigung. Die Temperatur der ausströmenden Luft habe ich bei vollem Feuer des Ofens zu verschiedenen Malen zwischen 24 u. 30° R. gefunden. Selbst in nächster Nähe der Ventilationsröhren ist weder Hitze noch Zug fühlbar.

Die erwärmte Luft zu befeuchten, halte ich für Schulzimmer ganz überflüssig, ja eher schädlich. Bei der grossen Anzahl von Kindern verdunstet aus Haut und Lungen so viel Wasser, dass der unter andern Umständen eintretende schädliche Grad von Trockenheit der Luftheizungen nie auftreten kann. —

Die Ventilation, die Grösse des Luftwechsels in den Schulzimmern anlangend, kann ich das vollkommene Gelingen des

Versuches berichten. Die ersten anemometrischen Messungen liessen bereits erkennen, dass in dieser Beziehung kaum etwas zu wünschen übrig bleiben wird. Das Einströmen der Luft in die Schulzimmer zeigte sich, so lange der Ventilator bewegt wurde, in so beträchtlichem Maasse, dass daraus schon von vornherein gefolgert werden konnte, dass in den ventilirten Zimmern der üble Geruch nicht ventilirter Schulzimmer unmöglich eintreten könne. Hiervon hat sich denn auch eine magistratische Kommission, bestehend aus den Räthen Dr. Radlhofer, Riemerschmied, Sauer u. Schneider am 8. Februar 1859 Nachmittags während des Schulunterrichtes persönlich überzeugt. Die Kommission besuchte die 3 ventilirten und 3 nicht ventilirten Säle, und fand einstimmig schon der Empfindung nach, die Luft der Ersteren ganz normal, während die drei Letzteren die gewöhnliche schlechte Beschaffenheit der Schulluft verriethen. Um aber unabhängig von jeder subjektiven Empfindung den Unterschied in genauen Zahlen ausdrücken zu können, wurde der Kohlensäuregehalt der Luft in allen 6 Zimmern bestimmt. Das Ergebniss war folgendes:

Ventilirte Schulzimmer.

Etage	Zimmer Nr.	Bezeichnung der Kurse.	Zahl der anwesenden Kinder.	Temperatur der Zimmer.	Kohlensäuregehalt der Luft in 1000 Vol. Thl.	
II.	3	2ter u. 3ter Kurs d. höhern Töchterschule	48 Schülerinnen	$14\frac{1}{2}^0$ R.	1,480	Mittel des Kohlensäuregehaltes der ventilirten Zimmer 1,290 pro mille.
I.	3	1ter Kurs der Elementarschule	53 Schüler	15^0 R.	1,101	
0.	3	2ter Kurs der Elementarschule	59 Schüler	14^0 R.	1,290	

Nicht ventilirte Schulzimmer.

Etage	Zimmer Nr.	Bezeichnung der Kurse.	Zahl der anwesenden Kinder.	Temperatur der Zimmer.	Kohlensäuregehalt der Luft in 1000 Vol. Thl.	
II.	4	1ter Kurs der höhern Töchterschule	56 Schülerinnen	$14\frac{1}{2}^0$ R.	2,616	Mittel des Kohlensäuregehaltes der nicht ventilirten Zimmer 2,686 pro mille.
I.	7	1ter Kurs der Elementarschule	48 Schülerinnen	15^0 R.	2,348	
0.	2	3ter Kurs der Elementarschule	60 Schüler	16^0 R.	3,088	

Die chemische Untersuchung bestätigte somit das Urtheil der Sinne in jeder Beziehung. In wie fern wir das Mehr oder Weniger an Kohlensäure als einen sichern Massstab der Luftverderbniss durch Haut und Lungen der Menschen betrachten dürfen, habe ich in meiner Abhandlung über Ventilation weitläufig nachgewiesen, auf welche ich Bezug nehme.*)

Zur Zeit als am 8. Februar die Luft aus den einzelnen Schulzimmern zur Untersuchung genommen wurde, waren die Schüler und Schülerinnen 1½ bis 2 Stunden in denselben anwesend gewesen. Es ist selbstverständlich, dass die Differenz in der Güte der Luft ventilirter und nicht ventilirter Schulzimmer bei längerer Anwesenheit der Kinder noch beträchtlicher werden muss. Ich kann dieses Verhältniss durch direkte Bestimmungen des Kohlensäuregehaltes darthun, welche ich am 5. Februar 1859 Vormittags in Gegenwart des Herrn Ingenieurs Zenetti ausführte. Zu dieser Zeit wurde die Luft untersucht, nachdem die Kinder 2½ bis 3 Stunden anwesend waren, mithin 1 Stunde länger als am 8. Februar. Das Ergebniss war folgendes:

Ventilirte Schulzimmer.

Etage	Zimmer Nr.	Bezeichnung der Kurse.	Zahl der anwesenden Kinder.	Temperatur der Zimmer.	Gehalt der Luft an Kohlensäure in 1000 Vol. Thl	
II.	3	2ter und 3ter Kurs d. höhern Töchterschule	50 Schülerinnen	16° R.	1,522	Mittel des Kohlensäuregehaltes der ventilirten Zimmer 1,399 pro mille.
I.	3	1ter Kurs der Elementarschule	56 Schüler	16½° R.	1,277	

Nicht ventilirte Schulzimmer:

Etage	Zimmer Nr.	Bezeichnung der Kurse.	Zahl der anwesenden Kinder.	Temperatur der Zimmer.	Gehalt der Luft an Kohlensäure in 1000 Vol. Thl	
I.	2	2te Abtheilung der Elementarschule	100 Schüler und Schülerinnen	18° R.	4,471	Mittel des Kohlensäuregehaltes der nicht ventilirten Zimmer 4,330 pro mille.
0.	2	3ter Kurs der Elementarschule	60 Schüler	16½° R.	4,189	

*) München 1858. Literar. artist. Anstalt von Cotta.

Ist somit bei zweistündiger Anwesenheit der Kinder das Verhältniss der Luftverderbniss in den ventilirten und nicht ventilirten Schulzimmern wie 1 zu 2, so wird es bei der um 1 Stunde längern Anwesenheit wie 1 zu 3. Diese Zahlen sprechen mit mehr Beredsamkeit als jedes Raisonnement.

Während meiner Beschäftigung mit der Ventilation dieser Schulzimmer habe ich noch einige Beobachtungen gemacht, die ich für wichtig halte. Vor Allem habe ich mich faktisch überzeugt, dass ein besonderes System von Kanälen zur Abführung der (sogenannten) verdorbenen Luft aus den ventilirten Räumen in der That vollkommen überflüssig ist, was ich auf gute Gründe gestützt, schon längst vermuthet und auch in meiner Abhandlung über Ventilation bereits ausgesprochen hatte. Das Schulhaus am Glockenbach gehört zu den besten, die wir in München haben, und ist auch bereits in allen Zimmern mit einer Art Ventilation versehen gewesen, welche, obwohl sehr mangelhaft, doch fungirte. In den obern Scheiben jedes Fensters befinden sich kleine runde Oeffnungen für den Eintritt frischer Luft, und gegenüber in der Nähe des Ofens führt ein kurzer Kanal mit etwa ½ Quadratfuss Querschnitt nach dem Kamine, durch welchen die (verdorbene) Luft entweichen kann. Solche Vorrichtungen, auf die bisherigen Anschauungen und Kenntnisse über den Luftwechsel und dessen erforderliche Grösse gebaut, sind doch besser als gar Nichts, wenn sie auch sehr mangelhaft sind, und streng genommen hätte ich eigentlich nicht zwischen ventilirten und unventilirten, sondern nur zwischen mehr und weniger ventilirten Räumen unterscheiden sollen. Die bereits bestehende Ventilation lieferte mir den unzweideutigen Beweis, dass bei mechanischer Ventilation alle vorhandenen Oeffnungen soweit als nöthig dem Entweichen der Luft dienen, also auch solche, durch welche sonst Luft aus dem Freien eindringt. So oft der Ventilator in Gang gesetzt wurde, ging die Luft nicht etwa lediglich durch die Kaminöffnung, sondern auch durch die Löcher in den Fensterscheiben in's Freie. Man könnte sagen, dass gerade dadurch die Nothwendigkeit besonderer Evacuationskanäle bei der mechanischen Ventilation dargethan werde, und dass dieselben im vorliegenden Falle durch die Kamine repräsentirt gewesen seien. Die zufälligen Oeffnungen an Fenstern, Thü-

ren und in der Mauer sind allerdings für den ungehinderten Durchgang einer so grossen Menge Luft, wie sie ein Schulzimmer erfordert, nicht genügend; damit ist aber nicht bedungen, dass man der Luft den Austritt, wie bisher üblich, durch ein Labyrinth von Kanälen anzuweisen habe, die an verschiedenen Punkten jedes Zimmers anfangend bis unter's Dach in die Höhe steigen, sich dort zu grössern Schläuchen vereinigen, um zuletzt aus einem gemeinsamen Schlote ihren Inhalt der freien Luft zu übergeben. Dass diese complicirte und kostspielige Anlage überflüssig sei, davon habe ich mich jetzt vollkommen überzeugt. Ich habe die Ausgangsöffnung für die Luft nach dem Kamine ganz geschlossen, und dafür im Verhältniss ein Fenster geöffnet: — die Ventilation und die Heizung litten nicht die mindeste Störung; die Touren des Anomometers und die Grade des Thermometers zeigten es auf das Unwiderleglichste. Mit Oeffnung der Thüren erreichte ich das gleiche Resultat. Wenn ich bei 10° Kälte im Freien an einem so theilweise geöffneten Fenster stand, so war nicht der mindeste Zug von aussen herein in das 14° warme Zimmer, selbst nicht am untersten Theile der Spalte wahrzunehmen, sondern auf der ganzen geöffneten Fläche nur eine Strömung von innen nach aussen. Einige verschliessbare Oeffnungen in der Wand, geradezu in's Freie oder nach den Gängen, vermögen das ganze Labyrinth der bisher üblichen Evacuationskanäle zu ersetzen. Wie dem Eindringen des Schalles durch solche Oeffnungen vorzubeugen, darauf komme ich noch zu sprechen.

In vielen Fällen scheint es mir von grossem Vortheile zu sein, der Luft namentlich den Austritt aus den ventilirten Räumen nach den Gängen und von da nach dem Speicher etc. anzuweisen, anstatt sie durch Kamine, Fenster etc. entweichen zu lassen. Bei gehöriger Ventilation ist die aus dem Zimmer oder Saale entweichende Luft stets noch als gute Luft zu erachten; denn man muss ja so viel ventiliren, dass die Luft im Raume stets gut bleibt. Diese Luft hat die Temperatur des Zimmers oder des Saales; sie wird desshalb im Winter ohne besondere Ausgabe auch die Gänge mässig erwärmen. Bisher haben wir das unnatürliche Verhältniss, dass die Luft auf den

Gängen meistens viel besser ist, als in Zimmern und Sälen, ich halte das Umgekehrte für viel vernünftiger.

Eine fernere Beobachtung, die Aufmerksamkeit verdient, ist, dass die Heizung im strengen Winter die mechanische Kraft zur Bewegung der Luft so gut wie entbehrlich macht. Wenn der Wärmeofen geheizt war, und die Temperaturdifferenz zwischen der freien Luft und der Zimmerluft 10—12° R. betrug, so war es überflüssig, den Ventilator zu bewegen. In diesem Falle strömte nicht nur die nöthige Luftmenge freiwillig ein, sondern die Bewegung des Ventilators lieferte nur eine sehr geringe Zunahme in der Geschwindigkeit des Luftstromes. Daraus geht ferner hervor, dass man die mechanische Kraft zur Bewegung des Ventilators ganz unabhängig von der Heizung machen müsse. So lange die Heizung der Luft nothwendig ist, repräsentirt die Heizung entweder die ganze oder theilweise Kraft zur Bewegung der Luft. Die Kraft zur Bewegung eines Ventilators kann desshalb so lange ganz oder theilweise erspart werden; muss aber dann in dem Maasse eintreten, als die Heizung abnimmt oder ganz aufhört. Jedenfalls ist es widernatürlich, aus der für die Heizung der Luft erforderlichen Wärmequelle gleichzeitig die Kraft zur Bewegung des Ventilators gewinnen zu wollen; denn die Bedürfnisse der Heizung und der mechanischen Ventilation gehen nicht Hand in Hand, sondern stehen geradezu im umgekehrten Verhältnisse zu einander. Ich zweifle nicht, dass die Praxis bald die richtigen Methoden finden wird, um diesen einfachen und wichtigen Principien zu genügen. Wasserkraft ist nach meiner Ansicht das Besste zur Bewegung von Ventilatoren in allen Fällen, wo dieselbe zu haben ist. Im Winter, wo in Folge von Eis oder sonstigen Störungen die Wasserkraft am unzuverlässigsten ist, ist sie fast ganz entbehrlich; im Frühlinge, Sommer und Herbste, so lange das Heizen überflüssig ist, ist sie die bequemste, sicherste und billigste aller mechanischen Kräfte. In München befinden sich zufällig mehrere Schulhäuser unmittelbar an oder ganz in der Nähe von Bächen.

Wie viel durch Heben von Gewichten, durch Arten grosser Uhrwerke zu erzielen ist, müssen erst weitere Versuche lehren; ebenso wird es noch Gegenstand weiterer Erwägungen

bleiben, wo Dampfmaschinen oder Menschenkraft den Ventilator bewegen sollen.

Ein Umstand von grosser praktischer Wichtigkeit, namentlich für Schulhäuser, ist die Leitung oder Mittheilung des Schalles durch die Ventilationsröhren. Dieser Umstand zeigte sich im vorliegenden Falle Anfangs in einer wahrhaft erschrekkenden Weise. Es konnte z. B. in einer unteren und oberen Etage des ventilirten Theiles des Schulhauses nicht zugleich nach zwei verschiedenen Melodien gesungen werden, ohne in beiden Räumen den Eindruck der abscheulichsten Disharmonie hervorzubringen. Wenn es im Zimmer zu ebener Erde ruhig war und in dem Zimmer oberhalb auch wenig laut gesprochen wurde, so hörte man jedes Wort ganz deutlich. Ebenso gut, wie von oben nach unten, ja noch deutlicher hörte man von unten nach oben. Die ernstesten Ermahnungen der Lehrerin im zweiten Stocke wurden oft von dem zufälligen Gelächter der Knaben unter ihr unterbrochen und umgekehrt. Ich sah bald ein, dass diese Verbreitung des Schalles der Ventilation der Schulhäuser und namentlich der sonst so bequemen van Hecke'schen Vertheilung der Luft im Wege stehe, als mir die Mittel klar wurden, diesem grossen Uebelstande zu begegnen.

Zunächst richtete ich meine Thätigkeit gegen die unmittelbare Mittheilung der Schallwellen an das Metall der Röhren, und liess sie mit grauem Papier überkleben. Das half etwas, aber nicht viel.

Dann richtete ich mein Augenmerk auf die Verbindung der Leitungsröhren untereinander. Eine war mit der andern durch Träger, auf denen stets die kleinere über der grösseren sitzt, so zu sagen in ununterbrochener metallischer Verbindung. Ich liess dort, wo die Röhre im Träger festsitzt, Kautschuk inzwischen legen. Hiervon habe ich gar keine Wirkung wahrgenommen.

Nun liess ich die Stubenböden und die Weissdecken der Zimmer, durch welche die Röhren gingen, ringsum diese einen Zoll breit ausstemmen, den Zwischenraum an der Weissdecke mit Filz ausfüllen, dann von oben her mit Gyps ausgiessen und zuletzt mit einem Oelkitt (Glaserkitt) eben mit dem Stubenboden verstreichen. Hierdurch musste jeder Zusammenhang der durch den Schall in Schwingungen versetzten Röhren mit

den Latten der Weissdecken und den Brettern der Zimmerböden, und damit auch die jedenfalls bedeutende Resonanzwirkung aufgehoben werden. Das half sehr viel. Die Lehrer erklärten es nun doch nicht mehr als eine Unmöglichkeit, Schule zu halten. Immerhin aber musste noch zugegeben werden, dass viele unvermeidliche Vorkommnisse in einem Schulzimmer störend auf den Unterricht in einem andern wirkten.

Da jetzt deutlich wahrzunehmen war, dass der Schall nur mehr durch die freien Mündungen der Luftröhren kam, so suchte ich durch schalldämpfende Stoffe, welche ich über und um diese Mündungen in einer Entfernung, dass der Austritt der Luft nicht gehemmt wurde, brachte, jeden Schall möglichst zu ersticken. Gewebte Stoffe, selbst die dicksten, fand ich von nur geringer Wirkung. Pappendeckel wirkte gar nichts. Pelzwerk — das Haar gegen den Schall aus der Röhre gerichtet — that ausgezeichnete Dienste. Ich hätte auch wohlfeiles Pelzwerk (z. B. ordinäre Wildhäute oder Schafpelz) gewählt, wenn nicht Mottenfrass und in Folge davon eine sehr rasche Abnutzung zu befürchten gewesen wäre. Nach einigen Versuchen fand ich, dass kartätschte Baumwolle, 1 Zoll dick zwischen Baumwollenzeug genäht, d. i. Watte, wie sie zu den abgenähten Bettdecken verwendet wird, ähnliche Dienste leiste, wie Pelz, und gegenwärtig sind solche Schalldämpfer mit dem günstigsten Erfolge angebracht, wie sich die verehrl. Kommission überzeugt haben wird. Man hört jetzt nicht mehr, als auch sonst in den nicht ventilirten Zimmern, und das Lehrpersonal ist jetzt in dieser Beziehung ganz zufrieden gestellt. —

Der Strom der Luft ist durch diese mittelst hölzerner Steife in einem gehörigen Abstande über und unter der Ausmündung der Röhren gehaltenen Schalldämpfer nicht merklich geschwächt worden.

Ich kann meinen Bericht nicht schliessen, ohne hervorzuheben, dass die rasche Ausführung und das Gelingen des ganzen Versuches nur durch die grosse Bereitwilligkeit und umsichtige Anordnung des Herrn Ingenieurs Zenetti ermöglicht worden ist.

Indem ich der Sache im Interesse der Gesundheit unserer

Jugend einen glücklichen Fortgang und baldige Anwendung wünsche, verharre ich

Eines Magistrates
der Königl. Haupt- und Residenzstadt München
gehorsamer
Dr. M. Pettenkofer.

Im März 1859 wurden meine Angaben über die Luftbeschaffenheit der ventilirten und nicht ventilirten Zimmer des Schulhauses am Glockenbache von einer Kommission, bestehend aus dem Professor der Physik Dr. Jolly und dem Professor der Chemie Dr. Freiherrn von Liebig, durch wiederholte vergleichende Kohlensäurebestimmungen geprüft und in allem Wesentlichen bestätigt. —

Es darf somit als feststehend angenommen werden, dass mit verhältnissmässig geringen Mitteln die Luft stark besuchter Schulen wesentlich verbessert werden kann: es wird sich nun darum handeln, zu untersuchen, ob denn eine Verbesserung unserer Schulluft überhaupt dringend geboten ist, und die dafür zu bringenden Opfer gerechtfertigt erscheinen. — Ehe sich eine Ansicht hierüber festgestellt und Anerkennung verschafft hat, kann man auf keine durchgreifende Reform rechnen.

Zur genauen Bemessung der Güte der Luft eines von Menschen bewohnten Raumes habe ich seiner Zeit die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft vorgeschlagen. Nach meiner Erfahrung kann dieser Maassstab auch unbedenklich als richtig angenommen werden, und er ist in der Form, die ich ihm gegeben habe, leicht und bequem zu handhaben. Wenn wir den durchschnittlichen Kohlensäuregehalt bewohnter Räume kennen gelernt haben, so wird es Aufgabe der Sanitätsbeamten sein, die Grenze zu bestimmen, welche der Kohlensäuregehalt eines Wohnraumes nicht überschreiten darf, ohne der Luft Eigenschaften mitzutheilen, welche Empfindung als widerlich, abnorm und ungesund bezeichnet. — Ich habe gefunden, dass 1 pro mille Kohlensäure sehr richtig die Grenze angiebt, auf der sich gute und schlechte Zimmerluft scheiden. Bezeichnet aber ein solcher Kohlensäuregehalt wirklich das Verhältniss zwischen guter und schlechter Luft, so

werden wir in allen wichtigeren einzelnen Fällen hierauf zu untersuchen haben. Grössere Reihen von Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Luft in Arbeits-, Wohn- und Schlaf-Räumen gehören zu den dringlichsten Erfordernissen der öffentlichen Gesundheitspflege. Erst wenn an mehreren Orten diese Bestimmungen gemacht sind, werden wir wissen, unter welchem durchschnittlichen Grade der Luftverderbniss Menschen und ganze Kategorien derselben leben, welche Differenzen sich durch Klima, Bauart und Baumaterial der Häuser, sowie durch Körperzustände der Menschen ergeben.

Schlechte Luft, mit den Ausscheidungen der Lungen und Haut stark beladene Luft, ist sicherlich eine Entwicklungsstätte für Tuberculose — mehr als alle sonstigen Momente, die hierauf Einfluss haben. — Ich erinnere an die lehrreiche Erfahrung im zoologischen Garten zu London, wo fast alle dorthin gebrachten Affen so lange tuberculos wurden, bis man ihre Aufenthaltsorte besser ventilirte, während in der Ernährung und Bewegung des Körpers nichts geändert wurde. Die Häufigkeit der Tuberculose in unsern Gefängnissen hat gleichfalls Luftverderbniss zum wesentlichen Grund, und nicht minder die Häufigkeit der Krankheit in grossen Städten, wo der Preis der Wohnungen sehr hoch, mithin die Luft in denselben sehr theuer ist und dem einzelnen Individuum nur kärglich zugemessen wird. Man hat bisher vom Standpunkt der Medizin aus viel mehr auf Untersuchungen der Luft im Freien als auf die der Zimmerluft gehalten und gehofft. Man kann geradezu behaupten, dass die chemischen Veränderungen der Atmosphäre im Freien keinen Gegenstand bilden können, an dem man durch Analysen etwas lernen könnte, dass hingegen die Untersuchung der Luft in den Wohnungen viel Belehrung hoffen lässt. Die wenigsten Menschen haben die richtige Vorstellung von der Geschwindigkeit der freien Atmosphäre. In München ist z. B. die mittlere Geschwindigkeit der Luftbewegung 10 bair. Fuss in der Sekunde. Wie muss da Alles, was in die freie Atmosphäre übergeht, verdünnt werden. — Anders ist es in geschlossenen Räumen: Hier wechselt die Atmosphäre in einem mehr als tausendfach geringeren Grade, selbst wenn wir so viel ventiliren, dass der Kohlensäuregehalt der Luft nie 1 pro mille erreicht. — Wenn also durch Analysen der

Luft, welche Ausdünstungen, sei es vom Menschen, vom Boden, Wasser oder andern Dingen, aufgenommen hat, irgend etwas erzielt werden kann, so müssen wir bei der allzugrossen Verdünnung dieser Stoffe in der Luft dieselben dort aufsuchen, wo sie concentrirter sind. Das Sumpf-Miasma z. B. müssen wir nicht im Freien über dem Moorgrunde suchen, sondern in den Häusern, welche darauf stehen. Unsere Häuser sind einer Glasglocke zu vergleichen, die wir über ein Stück Erde stürzen. Die Emanationen des Bodens müssen sich unter der Glocke anhäufen, sie müssen dort viel mehr zu finden sein, als in der freien Atmosphäre. — Da der Mensch viel mehr im Hause, als im Freien lebt, so muss uns auch vor Allem die Luft des Hauses interessiren. Um einmal einen gründlichen Anfang zu machen, schlage ich vor, den Kohlensäuregehalt der Luft der bewohnten Räume in möglichster Ausdehnung und unter möglichst verschiedenen Umständen zu bestimmen.





